



⑩ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 07 349 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
H 01 S 5/183

⑳ Aktenzeichen: 101 07 349.6
㉔ Anmeldetag: 15. 2. 2001
㉕ Offenlegungstag: 29. 8. 2002

DE 101 07 349 A 1

⑦① **Anmelder:**
Amann, Markus-Christian, 80935 München, DE;
Ortsiefer, Markus, 94227 Zwiesel, DE

⑦④ **Vertreter:**
Hössle & Kudlek, 70184 Stuttgart

⑦② **Erfinder:**
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ **Oberflächenemittierender Halbleiterlaser**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen Halbleiterlaser vom oberflächenemittierenden Typ. Um einen Halbleiterlaser bereitzustellen, der unter normalen Umgebungstemperaturen zu betreiben ist und ein stabiles Langzeitverhalten aufweist, umfasst der Halbleiterlaser eine einen pn-Übergang aufweisenden aktive Zone, eine erste n-dotierte Halbleiterschicht auf der n-Seite der aktiven Zone, wobei die erste n-dotierte Halbleiterschicht als Halbleiterspiegel ausgebildet ist, einen strukturierten Tunnelkontakt auf der p-Seite der aktiven Zone, der einen leitenden Übergang zu einer zweiten n-dotierten Halbleiterschicht auf der p-Seite der aktiven Zone bildet, einen strukturierten dielektrischen Spiegel, der auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht aufgebracht ist, eine Kontaktschicht, die einen Kontakt zur zweiten n-dotierten Halbleiterschicht dort bildet, wo der dielektrische Spiegel nicht aufgebracht ist, und die ansonsten den dielektrischen Spiegel umschließt, und eine Diffusionsbarriere zwischen der Kontaktschicht und der zweiten n-dotierten Halbleiterschicht.

DE 101 07 349 A 1

BT AVAILABLE COPY

[0001] Die Erfindung betrifft einen Halbleiterlaser vom oberflächenemittierenden Typ mit einer einen pn-Übergang aufweisenden aktiven Zone.

5 [0002] Halbleiterlaser stellen im Prinzip eine in Flussrichtung betriebene Halbleiterdiode dar, die durch stimulierte Emission kohärentes, spektral schmalbandiges Licht erzeugt und gerichtet abstrahlt. Die für den Laserprozess notwendige Besetzungsinversion wird durch eine hohe Dotierung des Ausgangsmaterials und eine Strominjektion in den pn-Übergang erreicht. Im Bereich des pn-Übergangs, in dem die Elektronen und Löcher räumlich benachbart vorliegen, erfolgt dann die induzierte strahlende Rekombination.

10 [0003] Der optische Resonator wird im einfachsten Fall aus zwei gegenüberliegenden, zum pn-Übergang senkrecht stehenden optischen Spiegeln gebildet. In dieser Bauform findet eine Emission in der Ebene senkrecht zur Strominjektion statt.

[0004] Alternativ dazu sind auch bereits oberflächenemittierende Halbleiterlaserdioden bekannt geworden, bei denen eine Emission in der Ebene der Strominjektion stattfindet (engl: vertical-cavity surface-emitting laser diode, VCSEL).

15 [0005] Aus US 5 936 266 ist ein Halbleiterlaser vom oberflächenemittierenden Typ bekannt, bei dem ein ganzflächiger Tunnelkontakt dazu verwendet wird, um einen leitenden Übergang zwischen der p-Seite der aktiven Zone und einer n-dotierten Halbleiterschicht zu schaffen. Hierdurch wird die Verwendung von n-dotierten Halbleiterschichten auch auf der p-Seite der aktiven Zone möglich, wodurch sich aufgrund der besseren elektrischen Leitfähigkeit n-dotierter Halbleiter 10-30fach niedrigere elektrische Serienwiderstände ergeben. Ein Nachteil des ganzflächigen Tunnelkontakts besteht allerdings darin, dass zusätzliche Oxidschichten zur gezielten Stromführung vorgesehen sein müssen, die insgesamt zu einem aufwendigen und thermisch ungünstigen Aufbau des Halbleiterlasers führen.

[0006] Aus US 6 052 398 ist ein Halbleiterlaser vom oberflächenemittierenden Typ bekannt, der einen strukturierten Tunnelkontakt aufweist, wobei der Resonator durch zwei Halbleiterspiegel gebildet wird. Hierbei ergeben allerdings noch größere thermische Probleme aufgrund der hohen Schwellenstromdichten infolge der kurzen Wege durch das verstärkende Medium. Alternativ nennt die US 6 052 398 auch die Verwendung eines dielektrischen Spiegels auf der p-Seite der aktiven Zone, ohne dass für diese Alternativlösung besondere Vorteile genannt werden.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Halbleiterlaser bereitzustellen, der unter normalen Umgebungstemperaturen zu betreiben ist und ein stabiles Langzeitverhalten aufweist.

30 [0008] Diese Aufgabe wird durch einen Halbleiterlaser mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Im einzelnen umfassen die erfindungsgemäßen Merkmale einen Halbleiterlaser vom oberflächenemittierenden Typ, mit einer einen pn-Übergang aufweisenden aktiven Zone, mit einer ersten n-dotierten Halbleiterschicht auf der n-Seite der aktiven Zone, wobei die erste n-dotierte Halbleiterschicht als Halbleiterspiegel ausgebildet ist, mit einem strukturierten Tunnelkontakt auf der p-Seite der aktiven Zone, der einen leitenden Übergang zu einer zweiten n-dotierten Halbleiterschicht auf der p-Seite der aktiven Zone bildet, mit einem strukturierten dielektrischen Spiegel, der auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht aufgebracht ist, mit einer Kontaktschicht, die einen Kontakt zur zweiten n-dotierten Halbleiterschicht dort bildet, wo der dielektrische Spiegel nicht aufgebracht ist, und die ansonsten den dielektrischen Spiegel umschließt, und mit einer Diffusionsbarriere zwischen der Kontaktschicht und der zweiten n-dotierten Halbleiterschicht.

35 [0009] Die erfindungsgemäße Lösung beruht auf der Erkenntnis, dass auf der p-Seite der aktiven Zone die dort befindliche n-dotierte Halbleiterschicht sowohl mit einem dielektrischen Spiegel, als auch mit einer Diffusionsbarriere gegenüber einer Kontaktschicht abgeschlossen wird. Die Kontaktschicht bildet eine Wärmenenke und ermöglicht damit eine effektive Wärmeableitung. Zur Bildung einer guten Wärmenenke bieten sich insbesondere Gold oder Silber an. Es wurde allerdings festgestellt, dass Komponenten aus diesen Schichten in die zweite n-dotierte Halbleiterschicht diffundieren und diese zerstören können. Die Diffusionsbarriere verhindert daher gemeinsam mit dem dielektrischen Spiegel, dass Komponenten aus der Kontaktschicht in die zweite n-dotierte Halbleiterschicht diffundieren. Damit besteht für die Materialwahl der Wärmenenke freie Hand, so dass insgesamt ein thermisch optimierter Aufbau eines Halbleiterlasers realisiert werden kann.

40 [0010] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum -aufbringen einer Diffusionsbarriere besteht aus den Merkmalen des Patentanspruchs 16, bei dem in einem ersten Bereich auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht die Diffusionsbarriere aufgebracht wird, bei dem in einem zweiten Bereich auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht ein dielektrischer Spiegel aufgebracht wird, und bei dem die Kontaktschicht über die Diffusionsbarriere und den dielektrischen Spiegel aufgebracht wird.

45 [0011] Zusammenfassend weist der erfindungsgemäße Halbleiterlaser die folgenden Vorteile auf:

- 55 – Durch den strukturierten Tunnelkontakt auf der p-Seite der aktiven Zone können die restlichen Halbleiterschichten auf der p-Seite der aktiven Zone n-dotiert sein. Dadurch ergeben sich aufgrund der wesentlich besseren elektrischen Leitfähigkeit n-dotierter Halbleiter ca. 10-30fach niedrigere elektrische Serienwiderstände.
- Auf der p-Seite wird ein hochreflektierender dielektrischer Spiegel verwendet. Zur Reflektivitätssteigerung kann eine metallische Abschlußschicht vorgesehen sein.
- Die Wärmeabfuhr erfolgt über die p-Seite, d. h. im wesentlichen durch den Tunnelkontakt und den dielektrischen Spiegel, der einen niedrigen thermischen Widerstand aufweisen kann.
- 60 – Zwischen dem aktiven Bereich und dem dielektrischen Spiegel kann eine thermisch gut leitende Schicht (z. B. eine binäre InP-Schicht) zur Aufweitung und Abfuhr der Wärme eingesetzt werden.
- Eine integrierte, z. B. galvanisch hergestellte, metallische Wärmenenke, die auf der p-Seite großflächig aufgebracht wird, kann für eine effiziente Wärmeabfuhr sorgen. Die Metallschicht kann gleichzeitig als mechanische Stabilisation dienen, die insbesondere dann vorteilhaft ist, wenn auf der n-Seite das Substrat komplett entfernt wird, um z. B. einen erhöhten Brechzahlspung zwischen dem epitaktischen Spiegel und Luft zu erhalten.
- 65 – Die Lichtauskopplung erfolgt vorzugsweise über die n-Seite (bezogen auf die aktive Schicht), so daß sich der teilweise absorbierende Tunnelkontakt auf der der Lichtauskopplung entgegengesetzten Seite befindet, wodurch hö-

here Lichtleistungen erzielt werden können.

[0012] Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen. Selbstverständlich sind die darin genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar.

[0013] Im folgenden wird die Erfindung anhand verschiedener Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0014] Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0015] Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0016] Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0017] Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0018] Fig. 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0019] Fig. 6 drei Prozessschritte für die Herstellung einer Diffusionsbarriere nach einer ersten Ausführungsform und

[0020] Fig. 7 drei Prozessschritte für die Herstellung einer Diffusionsbarriere nach einer zweiten Ausführungsform.

[0021] Anhand der Fig. 1 bis 5 werden zunächst fünf Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Allen Ausführungsbeispielen gemeinsam ist eine Diffusionsbarriere zwischen der Kontaktschicht und der n-dotierten Halbleiterschicht auf der p-Seite der aktiven Zone. Die Prozessschritte zur Ausbildung der Diffusionsbarriere werden anhand der Fig. 6 und 7 erläutert.

[0022] Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Stromzuführung erfolgt über den unteren p-Kontakt (25), der gleichzeitig als integrierte Wärmesenke fungiert, und die n-Kontakte (10), die optional auf einer hochdotierten Kontaktschicht (11) aufgebracht sein können. Der Lichtaustritt erfolgt nach oben (50), während die Wärme über die integrierte Wärmesenke (25) nach unten (60) z. B. auf ein Kupfergehäuse abgeführt wird. Der laseraktive Bereich (26) befindet sich innerhalb der aktiven Schicht (22), die vorzugsweise aus einer verspannten Vielschichtstruktur besteht (engl.: Multiquantumwell: MQW-Struktur). Die seitlichen Abmessungen des laseraktiven Bereichs werden durch den Stromfluss durch den aus einer hoch p-dotierten Schicht (40) und einer hoch n-dotierten Schicht (41) bestehenden, seitlich z. B. kreisförmig (Durchmesser W) strukturierten Tunnelkontakt, sowie durch die seitliche Stromaufweitung in der Schicht (23) und die Ladungsträgerdiffusion in der aktiven Schicht (22) bestimmt. Die vertikale Begrenzung der in den aktiven Bereich injizierten Elektronen und Löcher wird durch die n- bzw. p-dotierten Begrenzungs-schichten (21) und (23) geleistet.

[0023] Auf der n-Seite befindet sich der gemäß dem Stand der Technik epitaktisch hergestellte Spiegel (20), der beispielsweise aus vielen (z. B. 36) $\lambda/4$ -Schichtpaaren zweier Halbleitermaterialien (20a) und (20b) mit unterschiedlichen Brechzahlen besteht. Der untere Spiegel (30) besteht aus einigen (z. B. 1,5 oder 2,5) Paaren von dielektrischen $\lambda/4$ -Schichtpaaren (30a) und (30b), wie z. B. MgF_2 (30a) und Si (30b). Seine Reflektivität wird zusätzlich durch die Reflexion an der unteren Grenzfläche zur integrierten Wärmesenke (25) erhöht, insbesondere dann, wenn diese aus hochreflektierenden Metallen wie Gold oder Silber besteht.

[0024] In vertikaler Richtung wird der Tunnelkontakt in ein Minimum des elektromagnetischen Feldes gelegt, damit keine bzw. vernachlässigbare optische Verluste in den hochdotierten und absorbierenden Schichten (41) und (42) auftreten. Aus demselben Grunde sollte der Tunnelkontakt möglichst dünn sein; günstige Werte für die Gesamtdicke D betragen 20 bis 60 nm für 1,3–1,55 μm VCSEL. Die zweite p-seitige Halbleiterschicht (24) kann aufgrund des Tunnelkontakts (hoch) n-dotiert sein oder einen Gradienten in der n-Dotierung mit niedrigeren Dotierungen an der Grenze zur Schicht (23) und höheren Dotierungen an der Unterseite zum Spiegel (30) und der integrierten Wärmesenke (25) aufweisen. In jedem Fall besteht eine sperrende npn-Struktur neben dem Tunnelkontakt, die den Stromfluss dort blockiert, so dass der gesamte Strom durch den Tunnelkontakt in die aktive Schicht fließt. Die Schicht (24) sollte vorzugsweise eine gute thermische Leitfähigkeit besitzen, um den Wärmefluss aus dem aktiven Bereich zu verbessern und aufzuweiten (z. B. auf ein Vielfaches des Durchmessers S) wodurch sich der Vorteil einer reduzierten Gesamterwärmung ergibt.

[0025] Aufgrund der Niederohmigkeit der n-dotierten Schicht (24) kann die seitliche Stromzuführung neben dem isolierenden dielektrischen Spiegel (30) ohne wesentliche elektrische Verluste bzw. ohne Wärmeerzeugung erfolgen. Die seitliche Abmessung S des dielektrischen Spiegels wird vorzugsweise mindestens so groß wie die seitliche Abmessung W des Tunnelkontakts gewählt. Besonders günstig ist es dabei, die Abmessung S um ca. 3–8 μm größer als W (typ. 2–20 μm bei 1,3 μm und 1,55 μm VCSELn) zu wählen, da die seitliche Ausdehnung des optischen Feldes aufgrund der Wellenführung durch die Verstärkung und die thermische Linsenwirkung (thermal lensing) des laseraktiven Bereichs (26) etwa auf die Abmessung des laseraktiven Bereichs begrenzt wird.

[0026] Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung. Hier wird im Unterschied zu Fig. 1 der Herstellungsprozess so gestaltet, dass sich die Struktur des Tunnelkontakts bei der epitaktischen Überwachsung in die Schichtoberfläche der Schicht (24) abbildet. Auf diese Weise entsteht eine verstärkte seitliche Wellenführung, die selbstjustierend exakt auf den Tunnelkontakt und den aktiven Bereich (26) ausgerichtet ist. Je nach Prozessführung kann dabei die Abbildung des Tunnelkontakts verbreitert oder verringert werden, womit sich die seitliche Begrenzung des optischen Feldes in weiten Grenzen beeinflussen lässt. Diese Methode lässt sich zur Optimierung der Lasereigenschaften grundsätzlich mit den nachfolgend beschriebenen Strukturvarianten kombinieren.

[0027] Fig. 3 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Hier wird deutlich hervorgehoben, wie durch das Aufbringen einer zusätzlichen hochreflektierenden metallischen Schicht (30c) auf den dielektrischen Spiegel (30) insgesamt eine hohe Reflektivität erzielt werden kann, die in dieser Ausführung nicht von den Eigenschaften der integrierten Wärmesenke und Kontaktschicht (25) abhängt.

[0028] Fig. 4 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann der p-seitige Kontaktwiderstand zur Kontaktschicht (25) durch seitliches Einfügen einer hoch n-dotierten Zwischenkontaktschicht (70) reduziert werden. Beispielsweise kann die Schicht (24) aus thermisch gut leitendem n-dotiertem InP und die Zwischenkontaktschicht (70) aus hoch n-dotiertem InGaAs bestehen, welches sehr niedrige Kontaktwiderstände ergibt.

[0029] Da die n-dotierte Zwischenkontaktschicht gem. Fig. 4 thermisch schlecht leitend sein kann, wie im Beispiel des

InGaAs, zeigt Fig. 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem sowohl ein niederohmiger Kontakt mittels der Zwischenkontaktschicht (70) als auch eine gute Wärmeabfuhr durch das Fenster (71) ermöglicht wird, indem zwischen dem dielektrischen Spiegel (30) und der Zwischenkontaktschicht (70) ein Zwischenraum geschaffen wird, über den die Wärme abfließen kann. Die seitliche Breite des Bereichs (71) ist daher vorzugsweise größer als die Dicke der Schicht (24).

[0030] Fig. 6 zeigt drei Prozessschritte für die Herstellung einer Diffusionsbarriere nach einer ersten Ausführungsform.

[0031] In einem ersten Schritt (a) wird in einem ersten Bereich eine Diffusionsbarriere 601 aufgebracht, während ein zweiter Bereich 602 maskiert wird. Die Diffusionsbarriere kann beispielsweise aus Platin (Pt) bestehen. Um eine bessere Haftung mit der darunter liegenden n-dotierten Halbleiterschicht zu erreichen, kann unter der Platinschicht eine Titanschicht aufgebracht werden. Um einen guten Abschluss zur nach oben folgenden Kontaktschicht zu gewährleisten, kann schließlich auf die Platinschicht eine Goldschicht aufgebracht werden. In dieser Form besteht die Diffusionsbarriere dann aus der Schichtfolge Ti/Pt/Au.

[0032] In einem zweiten Schritt (b) wird in dem zweiten Bereich 602 ein dielektrischer Spiegel 603 aufgebracht. An den Stellen 605, 606 kann dabei eine gewisse Überlappung mit der Diffusionsbarriere 601 zugelassen werden. Diese Überlappung hat den Vorteil, dass ein dichter Abschluss zwischen dem dielektrischen Spiegel und der Diffusionsbarriere gewährleistet werden kann, so dass eine mögliche Diffusion aus der Kontaktschicht in die n-dotierte Halbleiterschicht sicher gewährleistet werden kann.

[0033] In einem dritten Schritt (c) folgt schließlich das Aufbringen einer Goldschicht 604 auf den dielektrischen Spiegel 603.

[0034] Fig. 7 zeigt drei Prozessschritte für die Herstellung einer Diffusionsbarriere nach einer zweiten Ausführungsform. Der wesentliche Unterschied zu den Prozessschritten gem. Fig. 6 besteht darin, dass in einem ersten Prozessschritt (a) zunächst ein dielektrischer Spiegel aufgebracht wird, während in einem zweiten Prozessschritt (b) dann das Aufbringen der Diffusionsbarriere 702 erfolgt, die wiederum aus der bereits oben erwähnten Schichtfolge Ti/Pt/Au bestehen kann. In einem dritten Prozessschritt (c) folgt dann wieder das Aufbringen einer Goldschicht 703 auf den dielektrischen Spiegel. Bei der Prozessabfolge gem. Fig. 7 muss eine genaue Justage der Maskierung erfolgen, damit eine Diffusion zwischen dem dielektrischen Spiegel in die darunter liegende n-dotierte Halbleiterschicht nach wie vor verhindert wird.

[0035] In der Tabelle 1 sind schließlich typische Daten für eine erfindungsgemäße Halbleiterdiode aufgelistet, wobei sich die Nummern in der ersten Spalte auf die Bezugsziffern in den Figuren beziehen.

Tabelle 1

Typische Daten für eine erfindungsgemäße Halbleiterdiode mit 1,55 μm Wellenlänge. Mit λ_g ist die dem Bandabstand entsprechende Wellenlänge gemeint

Nr.	Material	Dotierung (cm^{-3})	Dicke (nm)	Durchmesser (μm)	Bemerkung
10	Ti: 10nm Pt: 20nm Au: 500nm		ca. 530	innen 55 außen 240	
11	InGaAs (gitterangepaßt auf InP)	$n=5 \times 10^{19}$	100	innen 50 außen 250	
20	20 a InGaAlAs (Brechzahl ca. 3.48)	$n=2 \times 10^{18}$	111	250	36-mal wiederholt
	20 b InAlAs (Brechzahl ca. 3.2)	$n=2 \times 10^{18}$	121	250	
21	InAlAs	$n=5 \times 10^{17}$	50	250	
22	InGaAlAs ($\lambda_g=1.1 \mu\text{m}$): 20nm InGaAlAs ($\lambda_g=1.7 \mu\text{m}$): 8nm InGaAlAs ($\lambda_g=1.1 \mu\text{m}$): 7nm InGaAlAs ($\lambda_g=1.7 \mu\text{m}$): 8nm InGaAlAs ($\lambda_g=1.1 \mu\text{m}$): 7nm InGaAlAs ($\lambda_g=1.7 \mu\text{m}$): 8nm InGaAlAs ($\lambda_g=1.1 \mu\text{m}$): 7nm InGaAlAs ($\lambda_g=1.7 \mu\text{m}$): 8nm InGaAlAs ($\lambda_g=1.1 \mu\text{m}$): 7nm InGaAlAs ($\lambda_g=1.7 \mu\text{m}$): 8nm InGaAlAs ($\lambda_g=1.1 \mu\text{m}$): 20nm	undotiert	108	250	
23	InAlAs	$p=5 \times 10^{17}$	50	250	
24	InP	$n=1-5 \times 10^{18}$			
25	Ti: 10nm Pt: 20nm Au: 50 μm		ca. 50 μm	250	
30	30 a MgF ₂		280	12	2x
	30 b Si		110	12	1x

40	InGaAlAs ($\lambda_g=1.4 \mu\text{m}$):	$p=10^{20}$	20	8	
41	InGaAs (gitterangepaßt auf InP)	$n=10^{20}$	20	8	
50	Lichtaustrittsöffnung		ca. 50 μm		
60	Wärmeabfluß		ca. 250 μm		

Patentansprüche

- Halbleiterlaser vom oberflächenemittierenden Typ,
mit einer einen pn-Übergang aufweisenden aktiven Zone,
mit einer ersten n-dotierten Halbleiterschicht auf der n-Seite der aktiven Zone, wobei die erste n-dotierte Halbleiterschicht als Halbleiterspiegel ausgebildet ist,
mit einem strukturierten Tunnelkontakt auf der p-Seite der aktiven Zone, der einen leitenden Übergang zu einer zweiten n-dotierten Halbleiterschicht auf der p-Seite der aktiven Zone bildet,
mit einem strukturierten dielektrischen Spiegel, der auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht aufgebracht ist,
mit einer Kontaktschicht, die einen Kontakt zur zweiten n-dotierten Halbleiterschicht dort bildet, wo der dielektrische Spiegel nicht aufgebracht ist, und die ansonsten den dielektrischen Spiegel umschließt, und
mit einer Diffusionsbarriere zwischen der Kontaktschicht und der zweiten n-dotierten Halbleiterschicht.
- Halbleiterlaser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Diffusionsbarriere und der zweiten Halbleiterschicht ein Haftvermittler vorgesehen ist.
- Halbleiterlaser nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Haftvermittler aus einer Titanschicht besteht.

4. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass die Diffusionsbarriere aus einer Platinschicht besteht.
5. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem dielektrischen Spiegel und der Kontaktschicht eine metallische Abschlussschicht zur Reflektivitätssteigerung vorgesehen ist.
- 5 6. Halbleiterlaser nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die metallische Abschlussschicht durchgängig auch zwischen der Diffusionsbarriere und der Kontaktschicht vorgesehen ist.
7. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 5-6, dadurch gekennzeichnet, dass die metallische Abschlussschicht aus Gold besteht.
8. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, dass Kontaktschicht aus Gold oder Silber besteht.
- 10 9. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, dass der dielektrische Spiegel einen gegenüber Halbleitermaterialien niedrigeren Wärmewiderstand aufweist.
10. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, dass zweite n-dotierte Halbleiterschicht aus einem InP-Halbleiter besteht.
- 15 11. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1-10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktschicht derart dick aufgetragen ist, dass sie als Wärmesenke wirkt.
12. Halbleiterlaser nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass Kontaktschicht über 10 µm dick ist.
13. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtauskopplung auf der n-Seite der aktiven Zone erfolgt.
- 20 14. Halbleiterlaser nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat auf der n-Seite der aktiven Zone entfernt wird.
15. Halbleiterlaser nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktschicht derart dick aufgetragen wird, dass die mechanische Stabilität des Halbleiterlasers trotz des entfernten Substrats gewährleistet ist.
16. Verfahren zum Herstellen einer Diffusionsbarriere in einem Halbleiterlaser mit einer ersten pn-Übergang aufweisenden aktiven Zone, mit einer ersten n-dotierten Halbleiterschicht auf der n-Seite der aktiven Zone, wobei die erste n-dotierte Halbleiterschicht als Halbleiterspiegel ausgebildet ist, mit einem strukturierten Tunnelkontakt auf der p-Seite der aktiven Zone, der einen leitenden Übergang zu einer zweiten n-dotierten Halbleiterschicht auf der p-Seite der aktiven Zone bildet,
- 30 bei dem in einem ersten Bereich auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht eine Diffusionsbarriere aufgebracht wird,
- bei dem in einem zweiten Bereich auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht ein dielektrischer Spiegel aufgebracht wird, und
- bei dem eine Kontaktschicht über die Diffusionsbarriere und den dielektrischen Spiegel aufgebracht wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der dielektrische Spiegel vor dem Aufbringen der Diffusionsbarriere aufgebracht wird.
- 35 18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der dielektrische Spiegel nach dem Aufbringen der Diffusionsbarriere aufgebracht wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der dielektrische Spiegel derart aufgebracht wird, dass der dielektrische Spiegel die Diffusionsbarriere überdeckt.
- 40 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16-19, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Diffusionsbarriere in ersten Bereich ein Haftvermittler aufgebracht wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16-20, dadurch gekennzeichnet, dass als Haftvermittler Titan verwendet wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16-21, dadurch gekennzeichnet, dass als Diffusionsbarriere Platin verwendet wird.
- 45 23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16-22, dadurch gekennzeichnet, dass über der Diffusionsbarriere und dem dielektrischen Spiegel ganzflächig eine metallische Kontaktschicht aufgebracht wird.
24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass als Kontaktschicht Gold oder Silber verwendet wird.
- 50 25. Verfahren nach einem der Ansprüche 16-24, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Aufbringen der Kontaktschicht über dem dielektrischen Spiegel eine metallische Abschlussschicht aufgebracht wird.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 16-24, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Aufbringen der Kontaktschicht ganzflächig über dem dielektrischen Spiegel und über die Diffusionsbarriere eine metallische Abschlussschicht aufgebracht wird.
- 55 27. Verfahren nach einem der Ansprüche 25-26, dadurch gekennzeichnet, dass die metallische Abschlussschicht aus Gold besteht.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

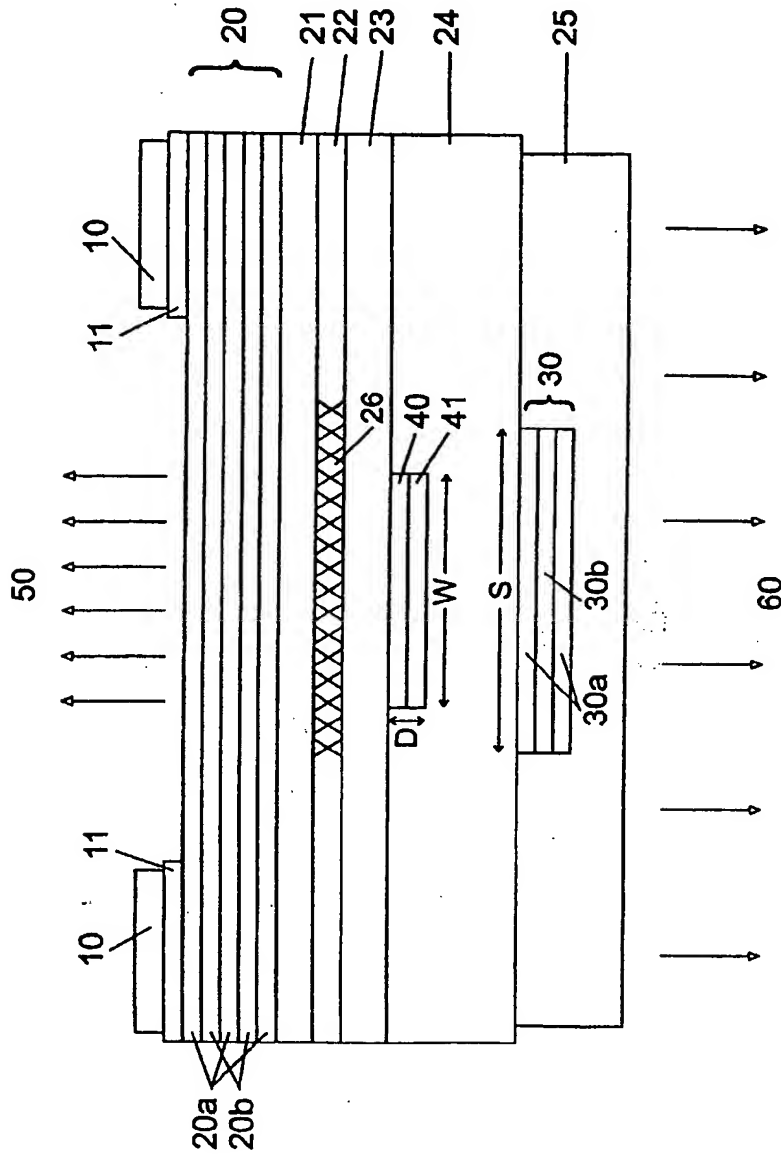


Fig. 1

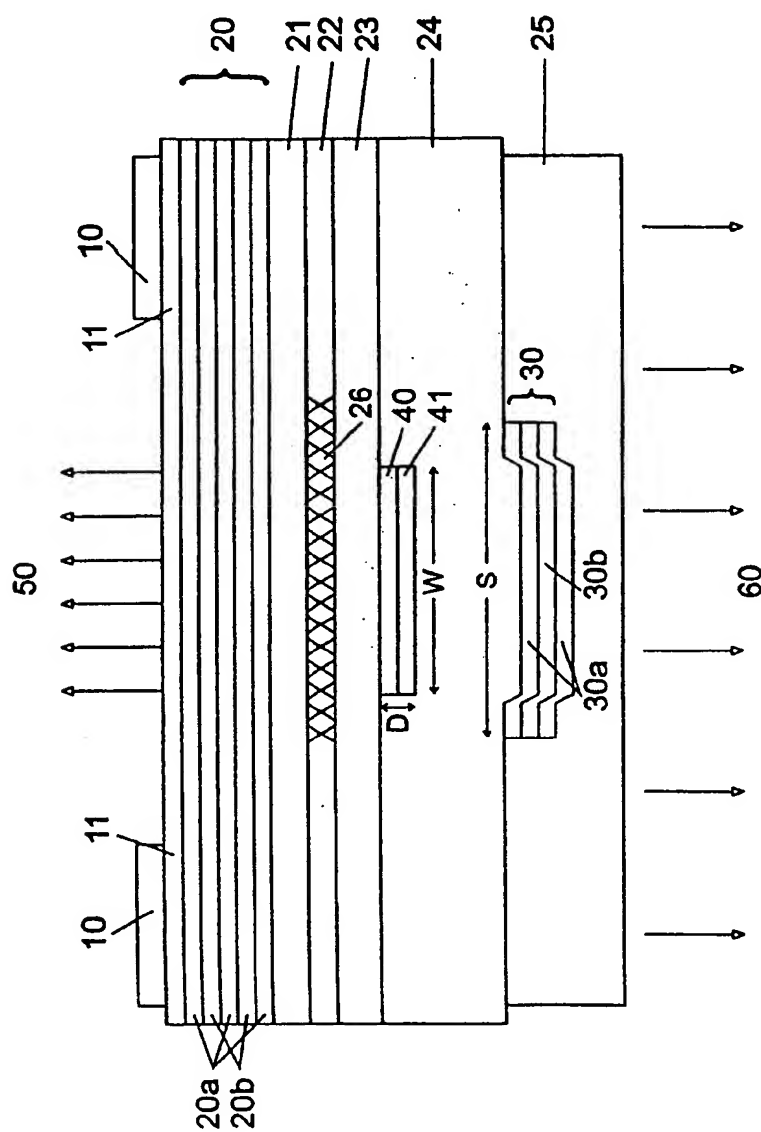


Fig. 2

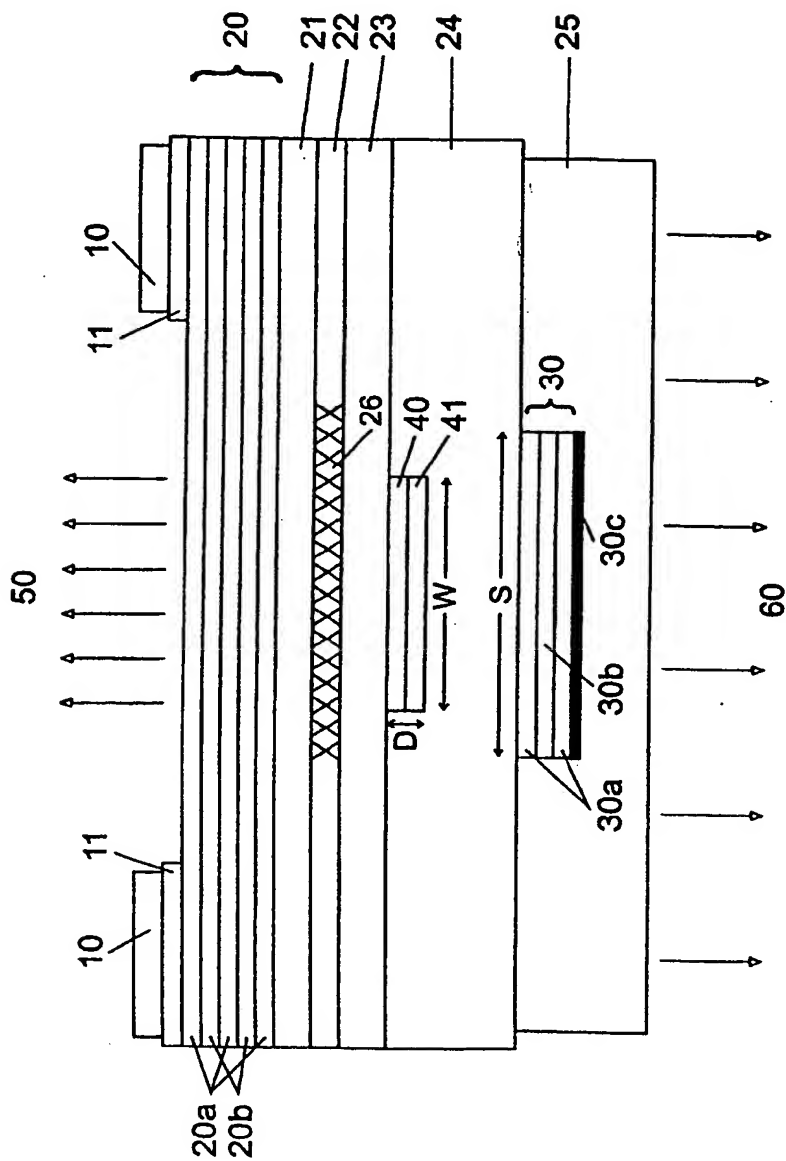


Fig. 3

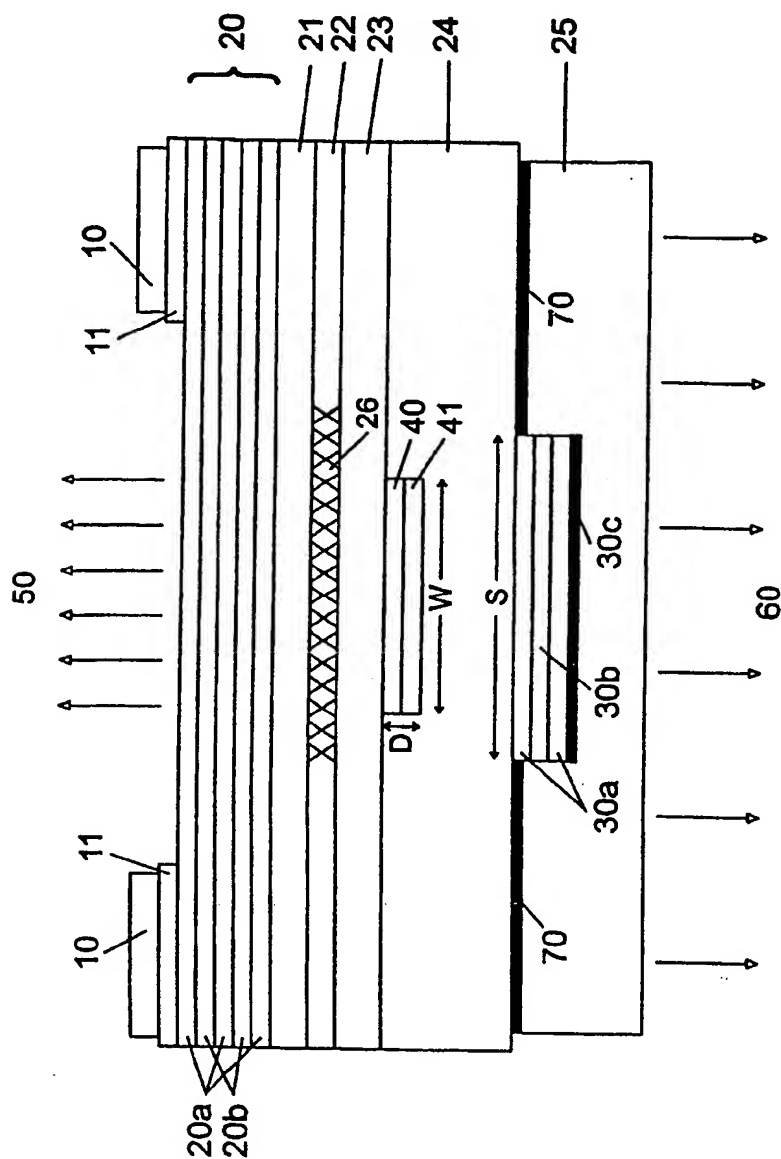


Fig. 4

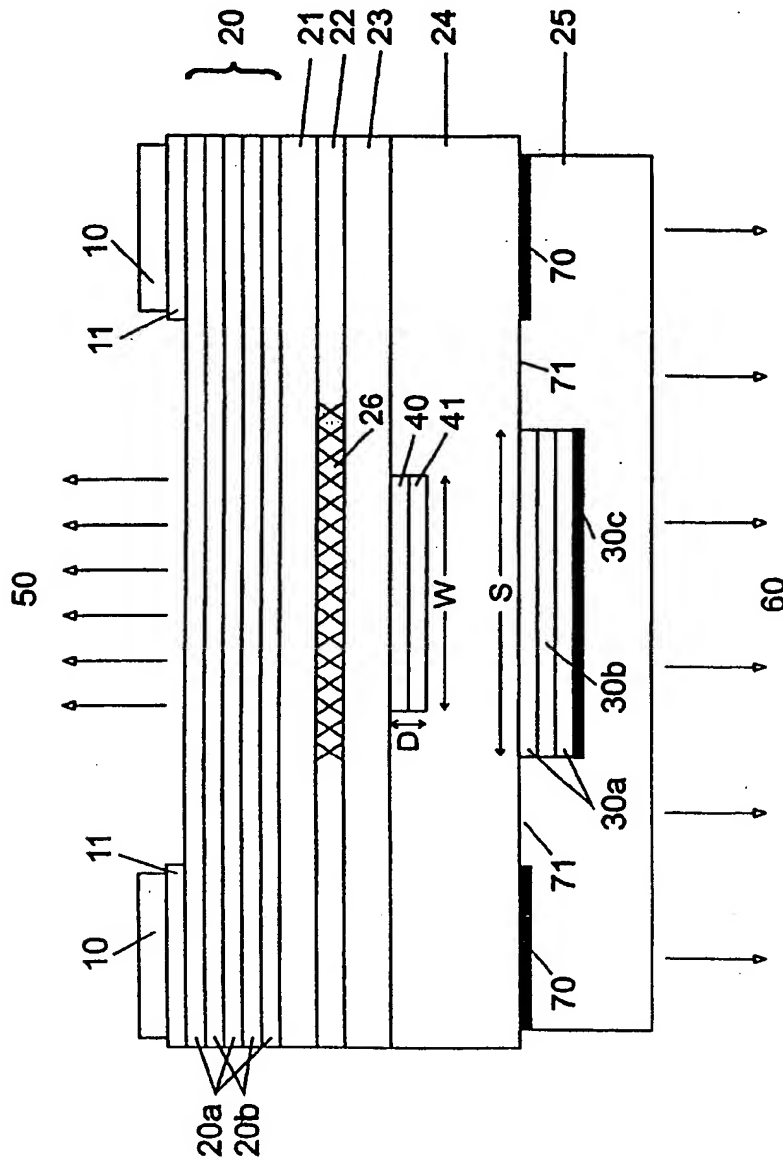


Fig. 5

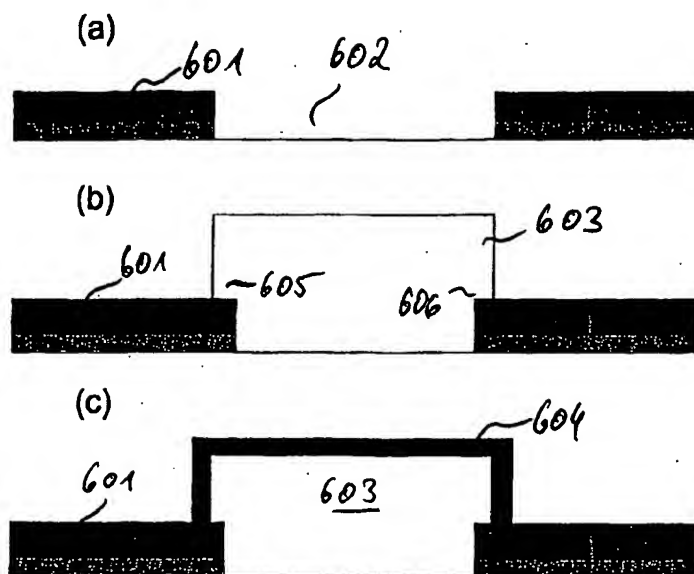


Fig. 6

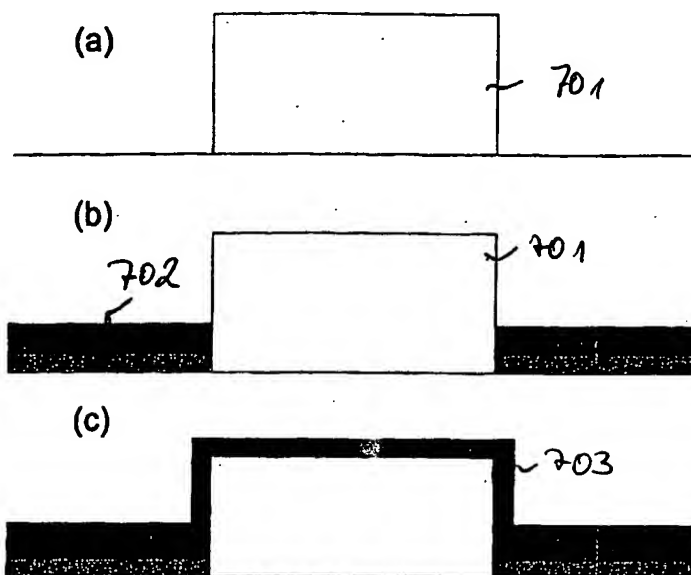


Fig. 7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.